. . 28144 DUP.

IGM87RT-103-602-G
CNRC 28144

LE MICA COMME RENFORT POUR LES PLASTIQUES

par

T. VU-KHANH ET C. ROY

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES CANADA
INSTITUT DE GÉNIE DES MATÉRIAUX
75, boulevard De Mortagne
Boucherville, Québec J4B 6Y4
CANADA

LE MICA COMME RENFORT POUR LES PLASTIQUES

INTRODUCTION

Les adjuvants sont de plus en plus utilisés dans les plastiques dans le but d'en améliorer les propriétés physiques pour diverses applications. Parmi les améliorations les plus recherchées se trouvent la rigidité et la résistance sous sollicitation mécanique.

En fonction du type de renforcement obtenu, les renforts utilisés dans les plastiques peuvent être divisés en 3 classes: unidirectionnelle (fibres), bidirectionnelle (paillettes) ou tridirectionnelle (billes ou sphères). Parmi ces classes, les fibres et les paillettes sont souvent considérées comme plus attrayantes parce qu'elles permettent une amélioration supérieure de la rigidité des plastiques.

Bien que les fibres aient un avantage par rapport aux paillettes en terme d'efficacité de transfert de contrainte, qui se traduit par de meilleures performances mécaniques, les paillettes sont souvent choisies comme renfort pour des structures planaires comme des plaques ou des coques car elles peuvent renforcer simultanément dans deux directions.

La part du marché où les renforts planaires sont indispensables est actuellement occupée par les paillettes de verre dont le coût est de 10 fois supérieur à celui du mica, un matériau que l'on trouve en abondance au Canada. Le mica est le nom général d'un groupe de minerais qui fait partie du groupe des silicates. En plus de sa résistance élevée à l'humidité et à la chaleur, et ses bonnes propriétés diélectriques, le mica offre d'excellentes rigidité et résistance mécaniques.

...2

RIGIDITÉ

Actuellement, les thermoplastiques les plus utilisés avec des renforts sont le polypropylène et le polyamide (nylon). Ces polymères occupent plus de 50% du volume total des thermoplastiques renforcés. L'incorporation du mica dans le polypropylène conduit à une forte augmentation de la rigidité de ce plastique [1-6] telle que démontrée à la figure 1. Avec une concentration en poids de mica de 60% (35% en volume) le module élastique du composite est 6 fois plus élevé que celui du polypropylène pur. Étant donné le coût modeste du mica, cette amélioration montre qu'il est possible de réduire le coût de la matière tout en augmentant la performance du matériau.

Un autre champ d'application potentielle pour le mica comme renfort se trouve dans le moulage réactif par injection (MRI). Ce procédé est en pleine expansion car il permet de mouler des pièces de grande dimension comme les pièces de carosserie d'automobile, sans nécessiter des pressions importantes. En raison des grandes dimensions de la pièce, la rigidité du matériau devient un paramètre essentiel pour la conception. Plusieurs renforts ont été utilisés pour améliorer la rigidité du polyuréthane, le matériau le plus couramment utilisé pour le MRI. Parmi les renforts essayés, les fibres de verre apportent l'amélioration la plus intéressante au niveau de la rigidité du matériau. Cependant, due à l'orientation des fibres lors du remplissage du moule, le matériau montre une forte anisotropie conduisant à des déformations non uniformes de la pièce moulée,. C'est pour cette raison que les renforts planaires, comme le mica, deviennent plus attrayants.

...3

Le tableau 1 montre la comparaison entre les améliorations obtenues par des fibres de verre et des paillettes de mica et de verre dans le MRI polyuréthane ([7]). Ce tableau démontre que la rigidité du composite dans le sens d'écoulement est légèrement supérieure dans le cas des fibres; toutefois, dans le sens perpendiculaire à l'écoulement, la rigidité obtenue est plus élevée dans le cas du mica. D'autre part, les mesures de dilatation thermique montrent également une isotropie nettement meilleure dans le cas du mica par rapport à celui des fibres de verre.

RÉSISTANCE MÉCANIQUE

Très souvent, il est admis que les renforts augmentent la rigidité mais fragilisent en même temps les plastiques. L'incorporation du mica conduit effectivement à une très forte diminution de déformation plastique avant la rupture du polypropylène. La figure 2 montre les déformations au seuil d'écoulement plastique et à la rupture du polypropylène avec différentes concentrations de mica ([6]). Cette réduction est accompagnée également par une légère diminution de la résistance en traction ([6]) comme montre la figure 3. Aussi, à l'échelle macroscopique, l'incorporation du mica peut réduire considérablement la ductilité des thermoplastiques.

Cependant, il est maintenant généralement reconnu que dans la pratique, la plupart des ruptures sont dues à la propagation des défauts existant dans tout matériau, en raison des concentrations de contrainte autour de ces défauts. Avec l'incorporation de particules de mica, il a été trouvé que la résistance du polypropylène à la propagation d'un défaut est très fortement améliorée ([8], [9]). La figure 4 montre la résistance

...4

maximale à la fissuration de ce composite à différentes concentrations de mica. Ce résultat montre qu'avec des concentrations élevées (30% en poids), la résistance maximale à la fissuration du composite peut décroître mais reste encore supérieure à celle du polypropylène pur. Cette amélioration de la résistance à la fissuration est expliquée par un micro-étirement de la matrice, produit par la déconésion entre cette dernière et les particules de mica. La figure 5 montre les surfaces de rupture du polypropylène pur et avec 20% de mica en poids. On peut constater une très forte augmentation de la microductilité du polypropylène lorsque les particules de mica sont présentes. D'autres études ont également démontré que le mica apporte une microductilité supérieure à d'autres types de renforts ([10]).

CONCLUSION

Le mica s'avère attrayant pour être utilisé comme renfort dans le thermoplastiques. Avec un coût inférieur à beaucoup de polymères, le mica permet de réduire le coût du matériau tout en augmentant ses performances mécaniques. Bien qu'à l'échelle macroscopique le mica, comme tout renfort, semble fragiliser les thermoplastiques, il peut améliorer très fortement la microductilité de ces derniers dans certains cas. Outre ces performances mécaniques, le mica améliore également d'autres propriétés physico-chimiques des plastiques comme la stabilité dimensionnelle, la résistance chimique, la perméalibilité aux gaz, etc.

..

RÉFÉRENCES

(1) K. Ukuno and R.T. Woodhams, Polym. Eng. Sci., 15, 308 (1975)

(2) H.S. Katz and J.V. Milewski, "Handbook of Fillers and Reinforcements for Plastics", Van Vostrand Reinhold, E., New York (1978)

(3) I. Lee, S. Turner and R.T. Woodhams, Polym. Compos., 3, 212 (1982)

(4) S.E. Tansz and C.E. Chaffey, J. Appl. Polym. Sci., 27, 4493 (1982)

(5) C. Busignin, R. Lahtinen, G.M. Martinez, G. Thomas and R.T. Woodhams, Polym. Eng. Sci., 24, 169 (1984)

(6) T. Vu-Khanh, B. Sanschagrin and B. Fisa, Polym. Compos., 6, 249 (1985)

(7) B. Rémillard, T. Vu-Khanh, B. Fisa and S. Naik, Polym. Compos., 7, 395 (1987)

(8) T. Vu-Khanh, B. Fisa, Polym. Compos., 7, 219 (1987)

(9) T. Vu-Khanh, Comptes-rendus des cinquièmes journées nationales sur les composites, Ed. Pluralis, pp. 361-375, Paris (1986)

(10) T. Vu-Khanh, J. Dufour, B. Fisa and R. Gauvin, Proc. 37th Canadian Chemical Engineering Conference, pp., 245-247, May 18-22, Montreal, Québec (1987)

TABLEAU I:

Comparaison entre le mica et les renforts de verre

(à 20% en poids) dans le MRI polyuréthane

	Module élastique * (GPa)		Coefficient de dilatation thermique linéaire ** (10^{-6} °C^{-1})	
	//	⊥	//	⊥
Mica	1.5	1.4	8.6	9.5
Paillettes de verre	1.3	1.2	7.0	8.6
Fibres de verre	1.9	1.1	5.2	12.5

* ASTM D 638 - type 4; ** ASTM D-696

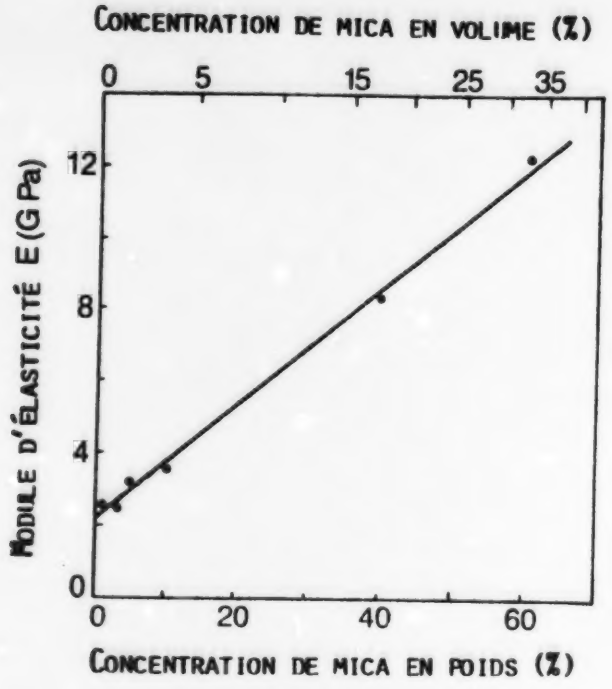

Fig. 1: Incorporation de mica dans le polypropylène conduit à une forte augmentation de la rigidité

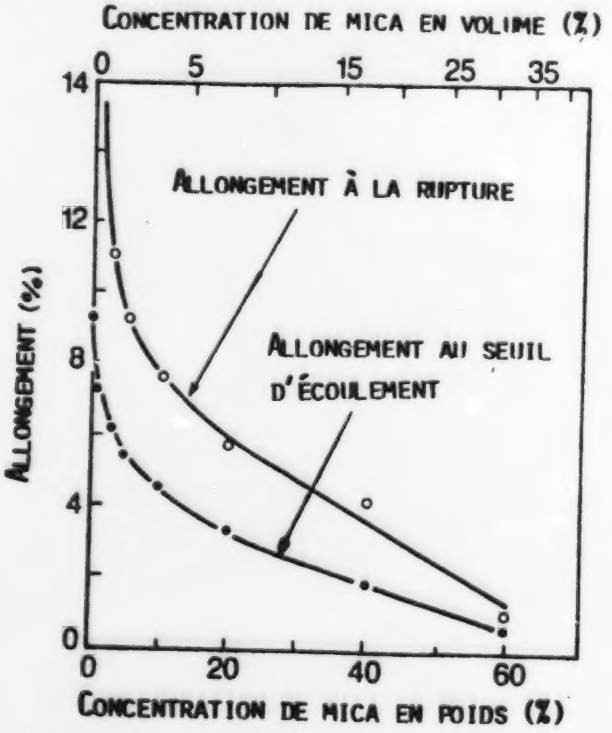

Fig. 2: Déformations au seuil d'écoulement plastique et à la rupture du polypropylène avec différentes concentrations de mica

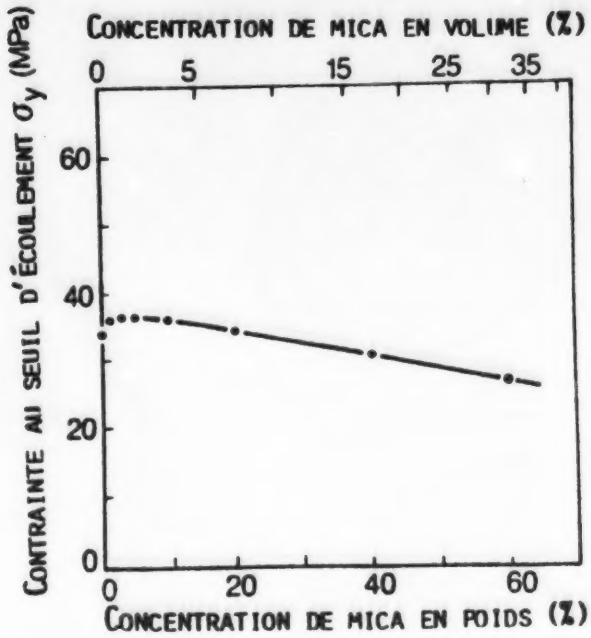

Fig. 3: Légère diminution de la résistance en traction du polypropylène avec l'incorporation de mica

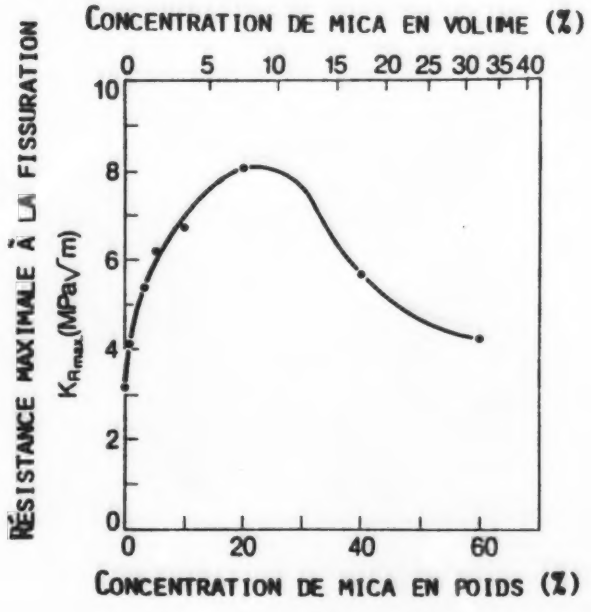

Fig. 4: Résistance maximale à la fissuration à différentes concentrations de mica

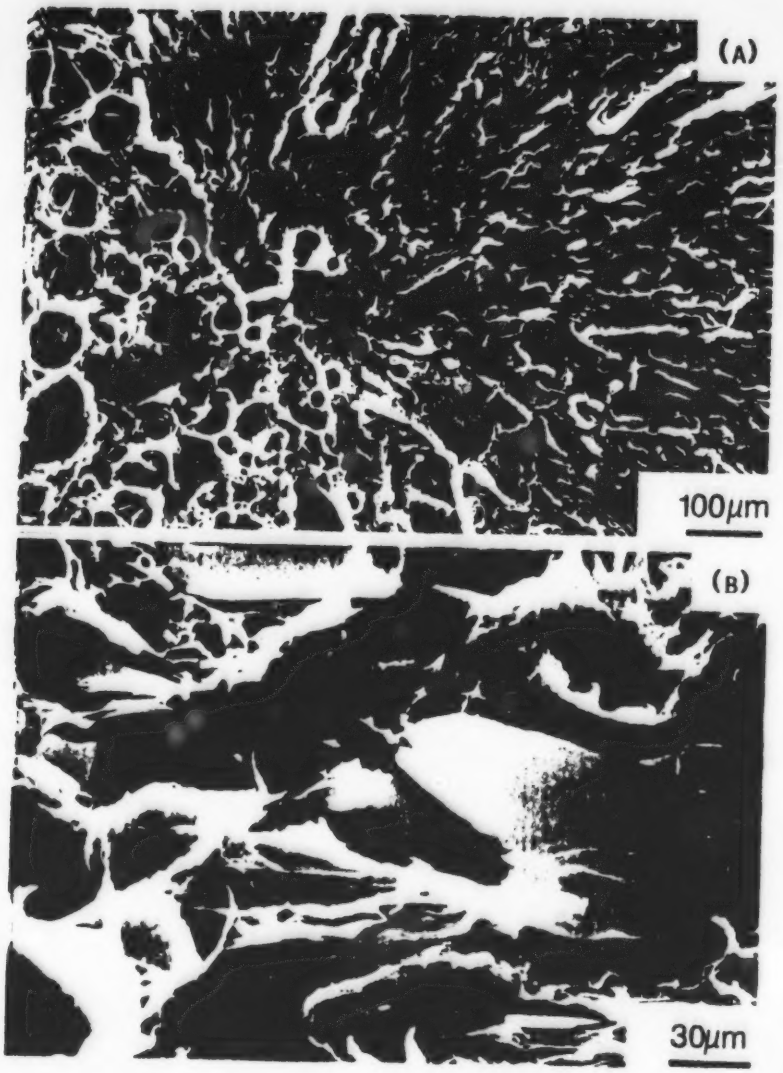

Fig. 5: Surface de rupture de polypropylène pur (a), et avec 20% en poids de mica (b)